

6.3 高瀬研究室

当研究室では磁場により閉じ込められた高温プラズマの研究を行っている。この研究は未来のエネルギー源としての核融合の実現を目指したものであり、そのために不可欠な高温プラズマの物理的理解を目標としている。特に、プラズマを閉じ込めるのに必要な磁場の圧力に対するプラズマの圧力（この比は β とよばれる）が従来のトカマクやヘリカル方式に比べ10倍程度も大きくできる球状トカマク（ST）プラズマにおいて、電磁流体（MHD）不安定性、プラズマ乱流による輸送、波動を用いたプラズマ加熱等の研究を行っている。平成11年度には新しい球状トカマク装置 TST-2（トーラスの大半径 0.36 m、小半径 0.23 m、トロイダル磁場 0.3 T、プラズマ電流 0.2 MA、巻頭口絵 1-A 参照）が完成し、これまで用いていた TST-M 装置に比べ格段に高温、高密度のプラズマ実験が可能となった。またこれらの研究に必要な新しいプラズマ計測手法、プラズマ加熱手法の研究開発を行っており、開発した計測・加熱手法を用いて核融合科学研究所、日本原子力研究所、およびプリンストン大学プラズマ物理研究所との共同研究を活用して幅広い研究を行っている。

6.3.1 TST-2 装置の建設と実験

平成10年度秋から設計を始めた球状トカマク装置 TST-2 は、11年度秋に装置本体が完成し最初のプラズマ放電を得た。CCD カメラで撮影した典型的な放電の様子を巻頭口絵 1-B に示す。現在までのところ、主要な電磁コイルの設計定格の 1/3 程度で運転を行っており、得られた最大プラズマ電流は 90 kA で最長の放電時間は 20 ms である。口絵 1-C(A) はプラズマ電流が 90 kA の放電のプラズマ電流波形である。図 6.3 a に TST-M と TST-2 装置のプラズマ電流および半値幅で評価した放電持続時間を示す。電流 × 放電持続時間で既に 1 桁の向上があることがわかる。目下、計測器や磁場発生用コイル、電源、高周波加熱装置などの整備を進めながら、目標とするプラズマを生成するための調整を行っている。平成11年度には磁気計測によるプラズマの形状測定、電子密度、イオン温度など基本プラズマパラメータの計測、そして高周波波動加熱・電流駆動の基礎実験としての速波励起実験を中心に行った。

プラズマパラメータ計測

プラズマのポロイダル断面に並べられた磁気コイルとフラックス（磁束）ループを用いて、生成したプラズマの位置および形状を測定した。コイル電流と真空容器に流れるうず電流をトロイダル方向に流れる円環電流（フィラメント電流）で近似している。また、プラズマ電流は本来滑らかな空間分布を持っているがこれを数本のフィラメントで近似している。この近似を用いることで、各フィラメントに流れる電流の時間発展はフィラメント間の自己・相互イン

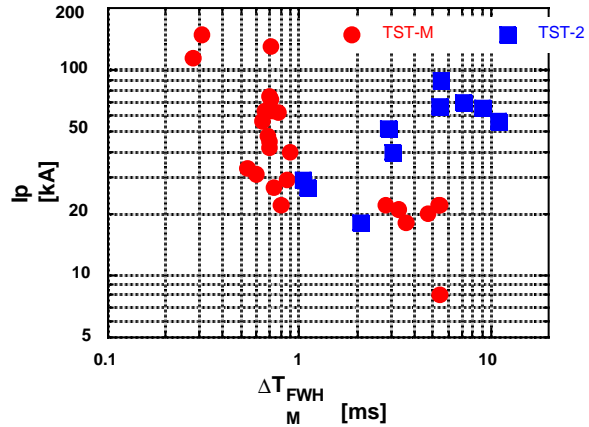


図 6.3 a: Comparison of plasma current I_p and discharge duration ΔT_{FWHM} between TST-M and TST-2 .

ダクタンスで決まる。この近似ではプラズマ内部の磁気面は正確に表せないが、プラズマ境界面は精度よく表すことができる。得られた結果の例を図 6.3 b に示す。アスペクト比（トーラスの大半径 R と小半径 a の比）1.6、楕円度（プラズマ断面の高さ $2b$ と幅 $2a$ の比）1.5 のプラズマが生成されていることが分かる。

電子密度を測定するために 50 GHz のマイクロ波干渉計を設置した。導波管をつなぎ変えることによって $z = \pm 200$ mm、 $R = 390$ mm の 3 つの測定コードで線積分密度を測定することができる。通常の放電の場合には、放電中に密度が高くなりすぎるため位相が測定できなくなるが、放電初期と放電終期では、密度が薄く、測定が可能である。この時の測定からプラズマの密度は $3 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ 以上であることが確認されている。イオン温度計測のために可視分光器を設置し、酸素の発光（OV）のドップラー広がり測定し、イオン温度を求めた。プラズマ電流 50 kA の放電で、イオン温度は時間とともに 50 eV 程度から 100 eV 程度まで上昇することが観測された。表 7 にパラメータ計測の結果をまとめる。

プラズマ内部の局所的な電子温度、電子密度、電位、磁場などを計測するため、二種類のプローブを製作した。静電プローブでは、前面の 4 つの電極でトリプルプローブ計測を用いて電子温度、密度、電位を求め、側面の一つずつの電極をマッハプローブとして使い、流速の計測を行う。これより揺動によって生ずる輸送を計測することができる。又、3 方向磁気コイルを内蔵し、磁気揺動も観測できる。磁気プローブアレイはプラズマ中の磁場の空間分布を測定することを目的とする。（ R, z ）二方向磁気コイルがそれぞれ 2 cm ごとに 10 個ずつ配置されており、各コイルの NS は $4000 \text{ mm}^2 \cdot \text{turns}$ 程度である。

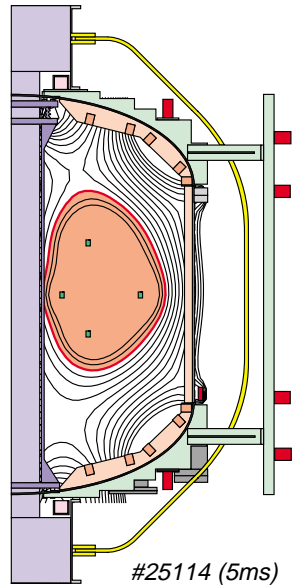


図 6.3 b: Shape of a TST-2 plasma derived from magnetic measurements.

内部磁気再結合現象

内部磁気再結合現象 (IRE) は ST 特有の MHD 現象として知られているが、この現象の物理機構の解明は未だ十分ではない。磁気プローブを用いて IRE の観測を行っている (口絵 1-C 参照)。(A) はプラズマ電流の時間変化である。時刻 6.5 ms と 8.5 ms 付近でプラズマ電流が急激に上昇し、同時に周回電圧に負方向のスパイク (B) および H_{α} 線の発光の急激な増大 (C) が観測され、磁気揺動の振幅が大きくなっている (D) ことがわかる。IRE 前後の磁気揺動の周波数スペクトルよりこの時間帯で 10–20 kHz のコヒーレントな揺動が現れていることがわかる (D)。この MHD 振動のトロイダルモード数は $n = 1$ であった。ポロイダルモード数 m に関しては計測が不十分であるため、今後更に詳細に測定する必要がある。

圧力勾配による電流駆動

トカマクではプラズマを閉じ込めるのに必要な磁場の一部をプラズマ電流によって作っている。電流を流す手法は、変流器の一次コイルの電流の時間変化で誘導起電力を作る誘導方式と、高周波電力や中性粒子ビーム入射などによる非誘導方式に大別される。ST では変流器の最大磁束を大きくすることができないため、非誘導電流駆動の開発が特に重要である。また、将来的には全く誘導起電力を使わないようなものが望ましく、そのためにはプラズマ電流をゼロから立ち上げる手法が必要となる。そこでプラズマの圧力勾配によって生じる電流 (ブートストラップ電流) を利用したプラズマ電流立ち上げを目標と

して研究を開始し、1992 年に CDX-U 装置において Forest らが行った先駆的実験の再現に成功した。今後、磁場配位の調整などによりプラズマの閉じ込めを改善し、プラズマ電流値を大きくしたうえで、予想されるブートストラップ電流量との整合性を評価する予定である。

コムラインアンテナを用いた速波励起実験

ST プラズマは誘電率が高いため、通常トカマクで加熱・電流駆動に用いられる低域混成波、電子サイクロトロン波などはプラズマ中心まで伝播できない。しかし、ICRF 高調波速波 High Harmonic Fast Wave (HHFW) は ST のような高誘電率プラズマでも中心部まで伝播可能で、高 β ・高温プラズマでは電子による吸収が強いという性質を持つため、ST における有効な加熱・電流駆動手段として期待される。電流駆動を行う場合にはトロイダル方向に進行波を励起する必要がある。このために新概念の進行波型アンテナであるコムラインアンテナを設計・製作した。コムラインアンテナは、高周波電流を担うストラップをトロイダル方向に櫛状に並べた構造をもち、片方の端のストラップのみに給電すればよいので、従来のアンテナに比べ構造は格段に簡単となる。一本目のストラップに電流が流れると隣のストラップへと順次位相のずれた電流が誘起され、これらの電流が作る高周波磁場によりプラズマ中に進行波が励起される。TST-2 用に製作したアンテナはストラップ 6 本から構成されており、19–27 MHz のパスバンドを実現している。このアンテナを用いて RF パワー 1 kW レベルの波動をプラズマ中に励起し、真空容器内各所に配置した磁気プローブで磁場強度・位相の空間分布を測定して波動物理の解明を目指している。初期結果として非常に強いプラズマへの結合が観測されており、高周波磁場分布は全波コードによる計算結果とよく一致している。

6.3.2 JFT-2M における共同研究

速波電流駆動実験

日本原子力研究所の JFT-2M はコムラインアンテナを備えている。今回、電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECH) で生成した高電子温度標的プラズマに、進行波速波 (FW) を入射し電流駆動実験を行った。軟 X 線波高分析器 Soft X-ray Pulse Height Analyzer (SXPHA) を用いて、各時間帯におけるエネルギースペクトルおよび電子温度の計測を行った。FW 入射により、電子温度の上昇が観測され、エネルギースペクトルの変化から、FW 吸収時の $N_{||}$ が推定できる。このときの吸収効率 ECH、FW で同程度であった。電流駆動の効果は明確でなかったが、これは FW+ECH の有効な時間が短く周回電圧の定常状態が得られなかったこと、FW 入射時に密度変化や不純物増加の影響を受けてしまったこと等の理由が考えられる。

プローブ実験

JFT-2M では以前から東大グループが中心となってプローブ計測を行ってきた。特に、高閉じ込めモード(Hモード)プラズマの輸送障壁生成過程における乱流輸送抑制の物理に力を置いて研究を進めてきた。これまでは時間的に位置が固定されたプローブを用いて計測してきたが、高温のプラズマにさらされることによってプラズマとプローブ双方に悪影響があるため、プラズマの周辺部の限られた範囲(セパトトリックスの内側2cm程度まで)を測定するに留まっていた。今年度は測定範囲を拡大することをねらって、放電時間中に高速移動するレシプロカルプローブを製作した。このプローブは圧縮空気により動作し、500msで300mmの距離を往復できる。プローブの先端には4つのモリブデン製のピン(ピン同士の間隔は4mm)を設けた。プローブはセパトトリックスより6cm程度内側まで挿入することができる。

実験結果として、ダブルプローブの高電位側の電極電位が、単独の電極で計測した浮遊電位を下回る結果が得られ、磁気面上に電場が存在していることが示唆された(図6.3c)。磁気計測を用いた平衡計算から求められた磁気面に対して、プローブ先端の平面はわずかに傾いているが、その影響ではないことが示された。磁力線方向に電場の成分がないと仮定をして暫定的に電子温度、電子密度、空間電位の空間分布を求めることができた。その値から $\vec{E} \times \vec{B}$ 粒子束を、密度減衰から磁気面に垂直方向の粒子束を評価し、共に $\sim 3 \times 10^{20} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度であることから、電場の存在による粒子束の寄与が大きいことが示された。電場の存在については、今後シングルプローブ測定によって電極間の一様性を仮定せずに電子温度・密度・空間電位を求める必要がある。

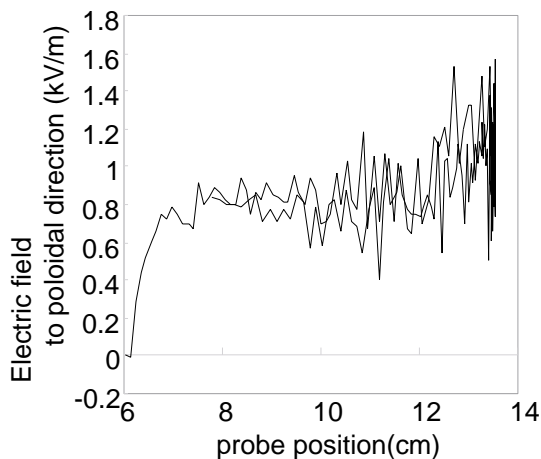


図 6.3 c: Radial profile of the poloidal electric field in the plasma edge region.

6.3.3 LHD 装置における共同研究

LHD 用電流駆動アンテナの開発

ヘリカル型装置はプラズマ電流を必要とせず、外部コイルの作る磁場のみによりプラズマを閉じ込めることができる。しかし高 β で安定なプラズマを維持するためには閉じ込め磁場の回転変換の径方向分布を制御する必要がある。これはプラズマ中に少量の電流を駆動することにより達成可能である。このためには高い指向性をもった進行波を励起することが必要である。核融合科学研究所の大形ヘリカル装置 LHD において速波による電流駆動実験を行うため、コムラインアンテナの開発を行っている。周波数は 85 MHz で電子とのランダウ共鳴を利用して電子を一方向に加速することにより電流を駆動する。

平成 11 年度には東大で行ったモックアップアンテナ測定およびモデル回路計算の結果に基づき、LHD 用のアンテナ設計を行った。このアンテナは 10 本のストラップが櫛状に並んだコムラインアンテナを上下に 2 組重ねた形状をもち(図 6.3 d)、上下 1 本ずつのストラップより成るモジュールをプラズマ境界面に沿って 10 個並べて構成される。11 年度にはこのモジュール 4 個を製作した。12 年度にはこの 4 個のモジュールを並べたプロトタイプの電気的特性を実測し、必要があれば調整を加え 10 モジュールの実機アンテナを完成させる予定である。

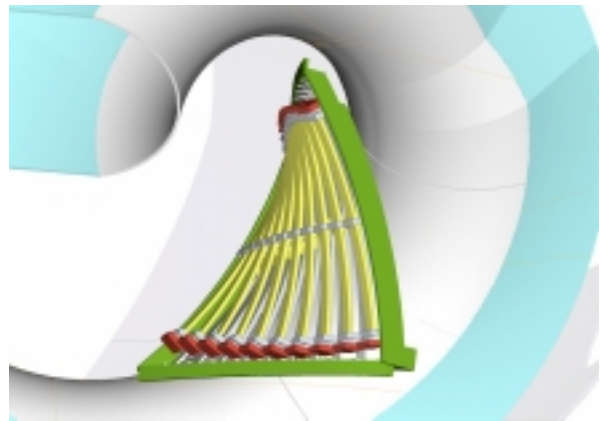


図 6.3 d: The LHD combline antenna installed inside the LHD vacuum vessel.

6.3.4 CHS 装置における共同研究

軟 X 線分光測定

プラズマの電子温度測定、MHD 不安定性の研究、不純物イオンの振る舞い等の研究を目的として、多層膜反射鏡軟 X 線分光器を開発し、核融合科学研究所の CHS ヘリカル装置で測定を行った。本研究で用いた多層膜反射鏡は人工的に作った周期的なシリコン・タングステン膜構造をもち、その膜厚 ($2d = 6.76 \text{ nm}$) は軟 X 線に対してブラッグ反射を起こすように調整されている。またその反射率は高エネルギー研究所 (KEK) の放射光施設で校正されたものである。この分光器は他の軟 X 線測定手法と比較して、中程度のエネルギー分解能と中程度の時間分解能を持ち、エネルギースペクトルの速い変動を測定できるという特徴を持つ。図 6.3 e に典型的な軟 X 線のスペクトルを示す。

不純物ラインの影響が少ないときには、スペクトルの対数スケールでの勾配から電子温度を測定することができる。しかしながら得られた温度はトムソン散乱で求めた電子温度よりも数倍低く、また相関も見られなかった。さらに、信号レベルの評価からスペクトルは、不純物ラインの影響を大きく受けていると考えられる。従って、現在の測定エネルギーレンジ ($0.6\text{--}1.1 \text{ keV}$) では電子温度の測定は難しいと考えられ、次年度はこれを不純物計測に活用するための改造を検討している。ピンホールの縮小やソーラースリット (入射角に対する垂直成分の広がりを抑えるスリット) などを用いることでエネルギー分解能を改善し、また、長波長領域を制限するフィルターを変更して光量を増すことで不純物線スペクトルのプロファイルを精度よく計測する予定である。

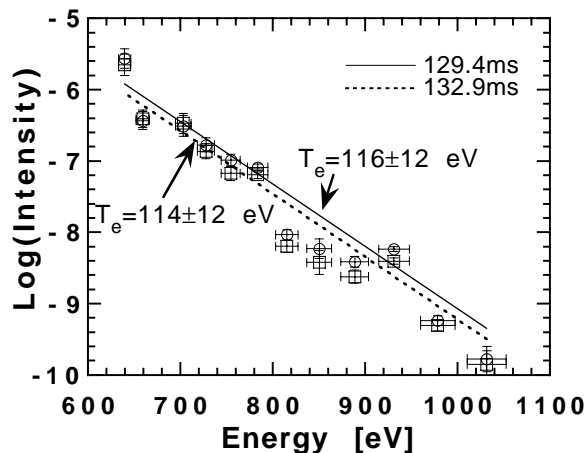


図 6.3 e: Soft X-ray spectra during an MHD burst. Solid and dashed lines show the spectra before and after the crash.

6.3.5 マイクロ波計測の開発

マイクロ波を用いたプラズマの密度測定は最も標準的で信頼度の高い手法とされる。その一方で、より詳細な密度の情報を得るために、新手法、多チャンネル化などの計測の高性能化が求められている。

マイクロ波透過計

厚みの薄いシートプラズマ、特にダイバーターレグの密度測定として、透過計を提案、検討した。これは、カットオフ条件でもマイクロ波がトンネル効果によって厚みの薄いプラズマを透過することを利用したものである。1次元波動方程式を用いて検討した結果、透過率の周波数依存性からプラズマの厚み、最大密度の情報が得られることがわかった。現実的な測定精度を想定すると、厚いプラズマは測定できない。測定できる厚みは密度とともに減少するが、LHD プラズマのダイバーターレグを対象とした場合、十分測定可能だと考えられる。

PIN Switch による多チャンネル化

多チャンネルを比較的低コスト、簡単なシステムで実現する手法のひとつに PIN スイッチを利用する方法がある。これは、システムの発振部と検出部を 1チャンネル分用意して、各送信アンテナ、各受信アンテナへのマイクロ波を切り替えて多チャンネルを実現する方法である。この方法の有効性を実証するために PIN スイッチのテストを行い 2チャンネル反射計を組み立てて模擬実験を行った。その結果、数 μs の時間分解能で位相測定が可能であることを確認できた。同時に、高精度測定のためには PIN スイッチの分離度 (isolation) をさらに良くする必要があることがわかった。

6.3.6 NSTX 装置における共同研究

日本国内では TST-2 は最大規模の ST 装置であるが、米国プリンストン大学プラズマ物理研究所の NSTX ならびに英国 UKAEA Fusion の MAST は TST-2 より一回り規模の大きな ST 装置であり、どちらも平成 11 年に実験を開始した。当研究室はこれらの研究グループと緊密な協力関係をもっている。特に NSTX の実験には直接参加しており、12 年度には HHFW を用いた高周波加熱および電子バースシュタイン波 (EBW) の輻射を利用した新電子温度計測法の開発で共同研究を行う予定である。

< 報文 >

(原著論文)

- [1] J.A. Goetz, B. LaBombard, B. Lipschultz, C.S. Pitcher, J.L. Terry, C. Boswell, S. Gangadhara,

- D. Pappas, J. Weaver, B. Welch, R.L. Boivin, P. Bonoli, C. Fiore, R. Granetz, M. Greenwald, A. Hubbard, I. Hutchinson, J. Irby, E. Marmor, D. Mossessian, M. Porkolab, J. Rice, W.L. Rowan, G. Schilling, J. Snipes, Y. Takase, S. Wolfe, S. Wukitch: High confinement dissipative divertor operation on Alcator C-Mod, *Phys. Plasmas* 6, 1899-906 (1999).
- [2] M. Greenwald, R. Boivin, P. Bonoli, R. Budny, C. Fiore, J. Goetz, R. Granetz, A. Hubbard, I. Hutchinson, J. Irby, B. LaBombard, Y. Lin, B. Lipschultz, E. Marmor, A. Mazurenko, D. Mossessian, T. Sunn Pedersen, C.S. Pitcher, M. Porkolab, J. Rice, W. Rowan, J. Snipes, G. Schilling, Y. Takase, J. Terry, S. Wolfe, J. Weaver, B. Welch, S. Wukitch: Characterization of enhanced D-alpha high-confinement modes in Alcator C-Mod, *Phys. Plasmas* 6, 1943-9 (1999).
- [3] Y. Takase, M. Katsuragi: Spherical Tori (Report on the Joint Meeting of the IAEA Technical Committee and the Fourth International Workshop held at Tokyo, Japan, 26-28 October 1998), *Nucl. Fusion* 39, 1057-68 (1999).
- [4] J. Reardon, P.T. Bonoli, M. Porkolab, Y. Takase, W.J. Wukitch: Fast wave transmission measurements on the Alcator C-Mod tokamak, *Phys. Lett. A* 264, 407-411 (2000).
- [5] J.A. Snipes, A. Fasoli, P. Bonoli, S. Migliuolo, M. Porkolab, J.E. Rice, Y. Takase and S.M. Wolfe: Investigation of fast particle driven modes on Alcator C-Mod, *Plasma Phys. Contr. Fusion* 42, 381-388 (2000)
- [6] S. Lee, S. Duorah, A. Ejiri, H. Iguchi, A. Fujisawa, E. Ishiyama, Y. Takase, H. Toyama, M. Aramaki, M. Kojima, S. Okamura, K. Matsuoka: Multilayer mirror soft x-ray spectrometer for fast electron temperature measurement on the compact helical system, *Rev. Sci. Instrum.* 71, 1671-1674 (2000).
- [7] A. Fujisawa, H. Iguchi, H. Idei, S. Kubo, K. Matsuoka, S. Okamura, K. Tanaka, T. Minami, S. Ohdachi, S. Morita, H. Zushi, S. Lee, M. Osakabe, R. Akiyama, Y. Yoshimura, K. Toi, H. Sanuki, K. Itoh, A. Shimizu, S. Takagi, A. Ejiri, C. Takahashi, M. Kojima, S. Hidekuma, K. Ida, S. Nishimura, M. Isobe, N. Inoue, R. Sakamoto, S-I Itoh, Y. Hamada and M. Fujiwara: Electric pulsation and profile quatization in CHS heliotron/torsatron, *Plasma Phys. Contr. Fusion*, 41, A561-568 (1999).
- [8] A. Iiyoshi, A. Komori, A. Ejiri, M. Emoto, H. Funaba, M. Goto, K. Ida, H. Idei, S. Inagaki, S. Kado, O. Kaneko, K. Kawahata, T. Kobuchi, S. Kubo, R. Kumazawa, S. Masuzaki, T. Minami, J. Miyazawa, T. Morisaki, S. Morita, S. Murakami, S. Muto, T. Mutoh, Y. Nagayama, Y. Nakamura, H. Nakanishi, K. Narihara, K. Nishimura, N. Noda, S. Ohdachi, N. Ohyabu, Y. Oka, M. Osakabe, T. Ozaki, B. J. Peterson, A. Sagara, S. Sakakibara, R. Sakamoto, H. Sasao, M. Sasao, K. Sato, M. Sato, T. Seki, T. Shimozuma, M. Shoji, H. Suzuki, Y. Takeiri, K. Tanaka, K. Toi, T. Tokuzawa, K. Tsumori, K. Tsuzuki, K. Y. Watanabe, T. Watari, H. Yamada, I. Yamada, S. Yamaguchi, M. Yokoyama, R. Akiyama, H. Chikaraishi, K. Haba, S. Hamaguchi, M. Iima, S. Imagawa, N. Inoue, K. Iwamoto, S. Kitagawa, J. Kodaira, Y. Kubota, R. Maekawa, T. Mito, T. Nagasaki, A. Nishimura, C. Takahashi, K. Takahata, Y. Takita, H. Tamura, T. Tsuzuki, S. Yamada, K. Yamauchi, N. Yanagi, H. Yonezu, Y. Hamada, K. Matsuoka, K. Murai, K. Ohkubo, I. Ohtake, M. Okamoto, S. Satoh, T. Satow, S. Sudo, S. Tanahashi, K. Yamazaki, M. Fujiwara, O. Motojima: Overview of the Large Helical Device Project, *Nucl. Fusion*, 39, 1245-1256 (1999).
- [9] A. Ejiri, K. Kawahata: Feasibility of Microwave Transmissivity Measurement to Obtain Density Profile of Sheet Plasmas, *Jpn. J. Appl. Phys.* 39 (2000), in press.
- (会議抄録)
- [10] E. Marmor, P. Acedo, O. Batishchev, R. Bengtson, R.L. Boivin, F. Bombarda, X. Bonnin, P. Bonoli, C. Boswell, R. Bravenec, N. Bretz, C. Chang, C. Christensen, G. Cima, W. Dorland, J. Drake, E. Eisner, G. Esser, M. Finkenthal, C. Fiore, K. Fournier, T. Fredian, R. Gandy, S. Gangadhara, K. Gentle, J. Goetz, R. Granetz, M. Greenwald, H. Griem, G. Hallock, J. Harker, J. Heard, J. Hosea, A. Hubbard, I. Hutchinson, J. Irby, D. Johnson, J. Ke, J. Kesner, S. Krasheninnikov, B. LaBombard, H. Lamela, B. LeBlanc, Y. Lin, B. Lipschultz, S. Lisgo, R. Maqueda, M. May, A. Mazurenko, S. Migliuolo, E. Nelson-Melby, G. Miller, D. Mossessian, R. Nachtrieb, R. Nazikian, R. Neu, H. Ohkawa, P. O'Shea, T.S. Pedersen, D. Pappas, C.K. Phillips, A. Pigarov, C.S. Pitcher, M. Porkolab, J. Ramos, J. Reardon, J. Rice, B.N. Rogers, J.C. Rost, W. Rowan, J. Schachter, G. Schilling, H. Scott, C. Skinner, J. A. Snipes, V. Soukhanovskii, P. Stangeby, P. Stek, J. Stillerman, Y. Takase, G. Taylor, J. Terry, T. Tutt, M. Uman-sky, W. Wampler, A. Wan, C. Watts, L. Weathers, J. Weaver, B. Welch, J.R. Wilson, S. Wolfe, K.-L. Wong, A. Wootton, S. Wukitch, G. Wurden, Y. In, H. Yuh, S. Zweben: Overview of Recent Results from the Alcator C-Mod Tokamak, in *Fusion Energy 1998 (Proc. 17th Int. Conf., Yokohama, Japan, 1998) (IAEA, Vienna, 1999)*, pp. 71-81.
- [11] M. Greenwald, J. Rice, R. Boivin, P. Bonoli, R. Budny, C.S. Chang, D. Ernst, C. Fiore, J. Goetz, R. Granetz, A. Hubbard, I. Hutchinson, J. Irby, B. LaBombard, B. Lipschultz, E. Marmor, D. Mossessian, M. Porkolab, W. Rowan, J. Snipes, G. Schilling, Y. Takase, H. Terry, S. Wolfe, J. Weaver, B. Welch, S. Wukitch: H-Mode Regimes and Observations of Central Toroidal Rotation in Alca-

- tor C-Mod, in Fusion Energy 1998 (Proc. 17th Int. Conf., Yokohama, Japan, 1998) (IAEA, Vienna, 1999), pp. 281-288.
- [12] R. Kaita, R. Majeski, J. Menard, T. Munsat, H. Kugel, P. Efthimion, M. Ono, D. Jens, B. Jones, D. Stutman, M. Finkenthal, T. Intrator, R. Fonck, W.-H. Choe, Y.-S. Hwang, V. Gusev, Y. Petrov, T. Seki, Y. Takase: High frequency fast wave results from the CDX-U spherical torus, in Fusion Energy 1998 (Proc. 17th Int. Conf., Yokohama, Japan, 1998) (IAEA, Vienna, 1999), pp. 663-666.
- [13] P.T. Bonoli, M. Porkolab, J.J. Ramos, Y. Takase, S.J. Wukitch, R.L. Boivin, C.L. Fiore, J.A. Goetz, R.S. Granetz, M.J. Greenwald, A.E. Hubbard, I.H. Hutchinson, J.H. Irby, B. LaBombard, B. Lipschultz, E.S. Marmor, A. Mazurenko, D. Mossessian, E. Nelson-Melby, C.S. Pitcher, J. Reardon, J.E. Rice, W. Rowan, J.A. Snipes, J.L. Terry, J. Weaver, S.M. Wolfe: Modelling of Advanced Tokamak Physics Scenarios in Alcator C-Mod, in Fusion Energy 1998 (Proc. 17th Int. Conf., Yokohama, Japan, 1998) (IAEA, Vienna, 1999), pp. 671-674.
- [14] H. Toyama, K. Hanada, H. Totsuka, E. Ishiyama, S. Shiraiwa, S. Duorah, I. Nakajima, M. Ushigome, N. Uetake, K. Tanji, N. Kasuya, Y. Nagashima, K. Yamagishi, A. Ejiri, Y. Takase: Comparative studies of spherical tokamak and conventional tokamak: Magnetic turbulence-induced transport, in Fusion Energy 1998 (Proc. 17th Int. Conf., Yokohama, Japan, 1998) (IAEA, Vienna, 1999), pp. 813-816.
- [15] J.A. Snipes, A. Fasoli, P. Bonoli, S. Migliuolo, M. Porkolab, J.E. Rice, Y. Takase, S.M. Wolfe, Z. Zhang: Fast Particle Driven Modes in Alcator C-Mod, in Controlled Fusion and Plasma Physics (Proc. 26th European Conference, Maastricht, The Netherlands, 1999) (Eur. Phys. Soc., Geneva, Switzerland, 1999) Vol. 23J, p. 293-296.
- [16] S. Shiraiwa, Y. Takase, A. Ejiri, K. Yamagishi, Y. Nagashima, N. Kasuya: Construction, operational scenarios, and research plan of TST-2, in Controlled Fusion and Plasma Physics (Proc. 26th European Conference, Maastricht, The Netherlands, 1999) (Eur. Phys. Soc., Geneva, Switzerland, 1999) Vol. 23J, p. 441-444.
- [17] S. Duorah, A. Ejiri, S. Lee, H. Iguchi, A. Fujisawa, M. Kojima, K. Matsuoka, E. Ishiyama, K. Hanada, H. Toyama, Y. Takase: Temperature measurements on CHS with a multi-layer mirror soft X-ray spectrometer, in Controlled Fusion and Plasma Physics (Proc. 26th European Conference, Maastricht, The Netherlands, 1999) (Eur. Phys. Soc., Geneva, Switzerland, 1999) Vol. 23J, p. 493-496.
- [18] K. Tanaka, K. Kawahata, T. Tokuzawa, S. Okajima, A. Ejiri, H. Yamada, O. Kaneko, K. Y. Watanabe, K. Narihara, R. Sakamoto, S. Murakami, K. Yamazaki, A. Komori, K. Ida, H. Idei, S. Inagaki, S. Kado, S. Kubo, S. Masuzaki, T. Minami, J. Miyazawa, T. Morisaki, S. Morita, T. Mutoh, H. Nakanishi, S. Ohdachi, M. Osakabe, B. J. Peterson, S. Sakakibara, K. Tsumori, O. Motojima, M. Fujiwara, and LHD Experiment Group: Temporal Evolutions of Electron Density Profiles and its Transport Aspects on LHD, (Proc. 26th European Conf. Contr. Fusion Plasma Phys., Maastricht, Netherlands, 1999) ECA 23J, 1329-1332 (1999).
- (国内雑誌)
- [19] 福山淳、高瀬雄一、井手俊介、牛草健吉:「加熱・電流駆動の物理」プラズマ・核融合学会誌 76, 127-137 (2000).
- (学位論文)
- [20] S. Duorah: Soft X-ray spectroscopy using a multi-layer mirror on the Compact Helical System, (博士論文)
- [21] 糟谷直宏:「コムラインアンテナを用いた速波励起実験」(修士論文)
- [22] 永島芳彦:「静電プローブによるトカマク周辺プラズマ計測」(修士論文)
- < 学術講演 >
- (国際会議)
- 一般講演
- [23] Y. Takase, N. Kasuya, G. Sato, A. Ejiri, S. Shiraiwa, K. Yamagishi, T. Watari, R. Kumazawa, T. Mutoh, T. Seki, K. Saito, C.P. Moeller: Development of Combline Antennas for LHD and TST-2, US-Japan Workshop on RF Heating Technology and 2nd EU-Japan Workshop on RF Antenna/Source and Related Technology, Oh-arai, October 6-9, 1999.
- [24] Y. Takase, N. Kasuya, G. Sato, A. Ejiri, S. Shiraiwa, K. Yamagishi, T. Watari, R. Kumazawa, T. Mutoh, T. Seki, K. Saito, C.P. Moeller: FWCD Antenna for LHD, 2nd IAEA Technical Committee Meeting on Steady-State Operation of Magnetic Fusion Devices Fukuoka, October 25-29, 1999.
- [25] Y. Takase, A. Ejiri, S. Shiraiwa, M. Ushigome, N. Kasuya, Y. Nagashima, T. Mashiko, H. Nozato, K. Yamagishi: Initial Results from the TST-2 Spherical Tokamak, Bull. Am. Phys. Soc. 44, 271(1999), (Proc. 41st Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Seattle, Nov. 15-19, 1999).
- [26] S. Shiraiwa, A. Ejiri, Y. Takase, M. Ushigome, N. Kasuya, Y. Nagashima, T. Mashiko, H. Nozato, K. Yamagishi: Magnetic Measurements on TST-2, Bull. Am. Phys. Soc. 44, 271-272 (1999), (Proc. 41st Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Seattle, Nov. 15-19, 1999).

- [27] Y. Takase, A. Ejiri, S. Shiraiwa, N. Kasuya, T. Mashiko, Y. Nagashima, H. Nozato, M. Ushigome, K. Yamagishi: Initial Results from the TST-2 Spherical Tokamak, 6th International ST Workshop and US-Japan ST Workshop, Seattle, Nov. 19-21, 1999.
- [28] S. Shiraiwa, A. Ejiri, Y. Takase, N. Kasuya, T. Mashiko, Y. Nagashima, H. Nozato, M. Ushigome, K. Yamagishi: Magnetic Measurements on TST-2, 6th International ST Workshop and US-Japan ST Workshop, Seattle, Nov. 19-21, 1999.
- [29] Y. Takase, N. Kasuya, T. Mashiko, H. Wada, A. Ejiri, S. Shiraiwa, K. Yamagishi, T. Seki, T. Watari, R. Kumazawa, T. Mutoh, K. Saito, C.P. Moeller, K. Teruyama: RF Wave Experiments on TST-2 and Compline Antenna Development, US-Japan Workshop on RF Physics, Princeton, Mar. 14-16, 2000.
- [30] A.Ejiri, K.Tanaka, K.Kawahata, Y.Ito and T.Tokuzawa: New Applications of Microwave, 5th Australia-Japan W.S. on Plasma Diagnostic s, Dec.1999(Naka)
- [31] A.Ejiri: Some Activities in NIFS and Universities, ITER Expert Group on Diagnostics Eleventh Meeting, Oct. 1999 (Cadarache)
- (国内会議)
- 一般講演
- [32] 高瀬雄一、江尻晶、白岩俊一、牛込雅裕、糟谷直宏、永島芳彦、益子岳史、野里英明、山岸健一、Smita Duorah、石山英二: 「TST-2 球状トカマクの現状と計画」日本物理学会 1999 年秋の分科会 岩手大学 1999 年 9 月 24-27 日
- [33] 白岩俊一、高瀬雄一、江尻晶、牛込雅裕、糟谷直宏、永島芳彦、益子岳史、野里英明、山岸健一: 「TST-2 球状トカマクの初期実験」日本物理学会 1999 年秋の分科会 岩手大学 1999 年 9 月 24-27 日
- [34] 糟谷直宏、高瀬雄一、佐藤悟朗、山岸健一、江尻晶、石山英二、Smita Duorah、白岩俊一、牛込雅裕、永島芳彦、野里英明、益子岳史: 「TST-2 における RF 波動実験」日本物理学会 1999 年秋の分科会 岩手大学 1999 年 9 月 24-27 日
- [35] 永島芳彦、高瀬雄一、江尻晶、山岸健一、石山英二、スミタ・ドゥオラ、白岩俊一、牛込雅裕、糟谷直宏、野里英明、益子岳史: 「TST-2 球状トカマクにおけるプローブ実験」日本物理学会 1999 年秋の分科会 岩手大学 1999 年 9 月 24-27 日
- [36] 高瀬雄一: 「NSTX 球状トカマクにおける日米共同プロジェクトの提案」プラズマ・核融合学会第 16 回年会 仙台 1999 年 11 月 23-26 日
- [37] 江尻晶、白岩俊一、高瀬雄一、牛込雅裕、永島芳彦、糟谷直宏、野里英明、益子岳史、山岸健一: 「TST-2 球状トカマクのオペレーション領域」プラズマ・核融合学会第 16 回年会 仙台 1999 年 11 月 23-26 日
- [38] 江尻晶、白岩俊一、高瀬雄一、牛込雅裕、永島芳彦、糟谷直宏、野里英明、益子岳史、山岸健一: 「TST-2 球状トカマクの初期プラズマ特性」日本物理学会 2000 年春の分科会 関西大学 2000 年 3 月 22-25 日
- [39] 白岩俊一、江尻晶、高瀬雄一、牛込雅裕、永島芳彦、糟谷直宏、野里英明、益子岳史、山岸健一: 「TST-2 球状トカマクにおけるプラズマ電流立ち上げ最適化実験」日本物理学会 2000 年春の分科会 関西大学 2000 年 3 月 22-25 日
- [40] 高瀬雄一、糟谷直宏、和田浩史、江尻晶、白岩俊一、永島芳彦、益子岳史、野里英明、山岸健一: 「TST-2 球状トカマクにおける ICRF 速波波動実験」日本物理学会 2000 年春の分科会 関西大学 2000 年 3 月 22-25 日
- [41] 江尻晶: マルチアンテナ反射計による密度揺動の空間的構造の再構成 (数値的、実験的シミュレーション)、画像計測研究会、1999 年 8 月 (土岐)
- [42] 江尻晶、山田琢磨、川端一男: マルチアンテナ方式マイクロ波反射計の開発、日本物理学会、1999 年 9 月 (盛岡)
- [43] Smita Duorah、江尻晶、李成珠、井口春和、藤澤彰英、小嶋護、松岡啓介、石山英二、花田和明、遠山潤志、高瀬雄一: Soft X-ray spectroscopy and fast electron temperature measurement using a MLM based soft X-ray spectrometer、日本物理学会、1999 年 9 月 (盛岡)
- [44] 徳沢季彦、R.O.Pavlichenko、川端一男、田中謙治、江尻晶: 大型ヘリカル装置用パルス反射計、プラズマ核融合学会、1999 年 11 月 (仙台)
- [45] 秋山毅志、佐藤栄治、村山博英、野澤豪生、飯尾俊二、嶋田隆一、高橋正雄、寺井清寿、中山和也、岡島茂樹、江尻晶、田中謙治、長山好夫、川端一男: フェラデー回転を利用した LHD の電子密度計測 III、プラズマ核融合学会、1999 年 11 月 (仙台)
- 招待講演
- [46] 高瀬雄一: 「球状トカマクの現状と将来展望」原子力委員会核融合会議第 18 回開発戦略検討分科会 通産省別館 1999 年 11 月 8 日
- [47] 高瀬雄一: 「ST (球状トカマク)」プラズマ・核融合学会第 16 回年会 シンポジウム II 「新方式核融合研究の展望」 仙台 1999 年 11 月 23-26 日
- [48] 高瀬雄一: 「ST (球状トカマク)」インフォーマルミーティング「ITER 物理 R&D」 仙台 1999 年 11 月 23 日
- [49] 高瀬雄一: 「第 6 回国際 ST ワークショップの報告」研究会「高ベータトロイダルプラズマの平衡と安定性」核融合研 1999 年 12 月 17-18 日
- [50] 高瀬雄一: 「NSTX 日米協力の経過報告」研究会「高ベータトロイダルプラズマの平衡と安定性」核融合研 1999 年 12 月 17-18 日
- (セミナー)
- [51] 高瀬雄一: 「核融合研究の新たな展開: 球状トカマクの利点」京都大学物理学教室談話会 京都大学 1999 年 12 月 17 日
- [52] 江尻晶: プラズマを閉じ込める、第 38 回プラズマ若手夏の学校、1999 年 8 月 (東京)